

폐기물 자원화를 위한 폐플라스틱의 도로포장 적용기술

Research Trends and Technology of Asphalt Concrete Pavement using Waste Plastic for Resource Circulation



정해국 Hae-Kook Jung
강원대학교 토목공학과 박사과정
E-mail : jhk-0418@nate.com



김용재 Yong-Jae Kim
강원대학교 건설융합학부 조교수
E-mail : yzkim@kangwon.ac.kr



박철우 Cheol-Woo park
강원대학교 건설융합학부 교수
E-mail : tigerpark@kangwon.ac.kr

1. 서론

과거 국내에서 발생하는 폐기물 중 플라스틱은 중국 및 개발도상국으로 수출되는 비중이 높았으며 국내의 재활용률은 비교적 낮은 편이었다. 그러나 최근 중국은 2015년 대기오염방지법, 2018년 환경보호제 부과 등의 제도를 통해 환경오염을 유발하는 기업에 대한 환경감찰 및 불시점검 등 고강도 환경규제를 시행하고 있으며 이로 인해 중국으로의 폐플라스틱의 수출이 축소되어 최근 국내에는 폐플라스틱에 의한 다양한 환경 및 사회적 문제가 발생하고 있다. 2015년 유엔 기후변화회의에서 우리나라는 2030년까지 이산화탄소 배출량의 37%를 감축하기로 공표하여 폐플라스틱의 소각이 어려운 상황이므로 국내에서 수거된 재활용 폐플라스틱과 폐기물에 대한 재활용 및 처리 문제가 최근 심각한 문제로 대두되고 있다. 따라서 이러한 문제를 해결하기 위해 폐플라스틱의 자원화를 위한 핵심요소 기술개발이 필요한 실정이다.

폐플라스틱은 아스팔트콘크리트 포장분야에서 인공골재, 채움재 등으로 활용이 가능하며, 폐플라스틱을 활용한 인공골재의 양산기술이 정립될 경우 고품질의 굵은골재 및 잔골재를 안정적이고 경제적으로 생산함과 동시에 아스팔트포장에 적용할 수 있으므로 대규모의 자원화가 가능하다. 폐플라스틱을 채움재로 사용할 경우 재활용을 위한 처리단계가 비교적 간단하며 아스팔트포장의 물리적 및 내구적 성능개선에 기여할 수 있다.

폐플라스틱을 도로포장에 적용할 경우 대규모 재활용이 가능하므로 사회적 환경적 비용을 감소시킬 수 있으며, 폐플라스틱의 도로포장용 소재 전환 기술 개발로 도로유지보수 비용 감소시킬 수 있다. 또한 도로건설분야에서 글로벌 경쟁력을 강화하고 신시장을 선점할 수 있는 기반을 구축할 수 있는 새로운 기술을 정립할 수 있다(한국건설기술연구원, 2018)

본 연구에서는 폐플라스틱을 도로포장재료로 활용하기 위한 기초연구로 폐플라스틱의 종류 및 특성에 대해 조사하고, 관련 국내외 연구현황을 분석

하였다. 나아가 폐플라스틱을 혼입한 아스팔트콘크리트의 기초물성을 평가하여 도로포장재료로의 활용을 위한 기초자료를 제공하고자 하였다.

2. 플라스틱의 종류 및 특성

2.1 플라스틱의 종류

일반적으로 플라스틱은 가소성 고분자 중 열가공성이 우수한 합성고분자화합물을 의미한다. 합성고분자화합물은 저분자 화합물인 단량체가 공유 결합에 의하여 반복 연결되어 사슬 구조를 갖는 최소 분자량 5,000 이상인 거대 분자로 구성되며, 이는 사슬의 공유 결합 및 3차원적인 고차 구조 등에 의하여 저분자 유기화합물, 금속 및 무기재료 등과 다른 고유한 특성을 나타낸다.

플라스틱은 일반적으로 다음 [표 1]과 같이 화학적 구조, 열적 특성, 상용성 등을 기준으로 분류된다. 특히 열적 특성 측면에서는 일상생활에서 흔히 사용되는 열가소성수지

(Thermoplastic resin)와 열경화성수지(Thermosetting resin)로 구분되며 상용성 측면에서는 범용 플라스틱(Common plastic)과 공업용 플라스틱(Engineering plastic)으로 분류된다. 범용 플라스틱의 경우, 국제적으로 분류번호 및 기호를 제정하여 분리배출을 유도하고 있으며 현재 국내에서도 국제기준을 따르고 있다.

3. 도로포장관련 국내외 폐플라스틱 연구현황 및 내용

3.1 국내외 관련연구현황

(1) 용도별 연구현황

폐플라스틱을 가열아스팔트의 성능개선에 적용한 연구현황을 조사한 결과는 다음 그림 1과 같이 아스팔트의 개질제로 적용하기 위한 관련 연구는 조사된 연구의 약 58%(28건)를 차지하여 가장 많은 연구가 진행된 것으로 분석되었다. 폐플라스틱을 아스팔트의 골재로 활용하기 위한 연구는 조사된 연구의 약 28%(14건)로 확인되었으며, 섬유보강 및 채움재의

[표 1] 플라스틱의 구분

	구분	특성 및 종류
구조	사슬형 고분자 (Chain structure polymer)	<ul style="list-style-type: none"> 긴 사슬모양의 분자구조 고밀도 폴리에틸렌(HDPE), 폴리프로필렌(PP)
	가지형 고분자 (Branched polymer)	<ul style="list-style-type: none"> 짧은 단위사슬 연결구조 저밀도 폴리에틸렌(LDPE), 선형 저밀도 폴리에틸렌(LLDPE)
	가교 고분자 (Cross-linked polymer)	<ul style="list-style-type: none"> 가교형 연결구조
열특성	열가소성 수지 (Thermoplastic resin)	<ul style="list-style-type: none"> 가열을 통해 유동성 부여 폴리에틸렌(PE), 폴리프로필렌(PP), 폴리스티렌(PS), 메타크릴(PMMA), 폴리염화비닐(PVC), 폴리염화비닐리덴(PVDC) 수지
	열경화성 수지 (Thermosetting resin)	<ul style="list-style-type: none"> 고분자화되어 가열시 유동성 없음. 초산비닐(PVAC), 불포화폴리에스테르(UP), 폴리우레탄(PUR), 페놀수지(PF), 우레아수지(UF), 멜라민수지(MF), 에폭시수지
상용	범용 플라스틱 (Common plastic)	<ul style="list-style-type: none"> 널리 사용되는 플라스틱류로 대부분 열가소성 수지 폴리에틸렌(PE), 폴리프로필렌(PP), 폴리에스테르(PET), 폴리스티렌(PS), 폴리염화비닐(PVC) 등의 수지
	공업용 플라스틱 (Engineering plastic)	<ul style="list-style-type: none"> 범용 플라스틱 이외의 수지

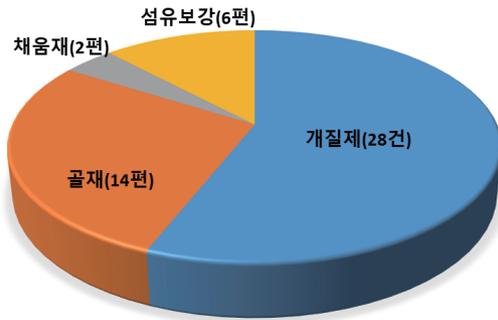


그림 1. 페플라스틱 용도별 연구현황

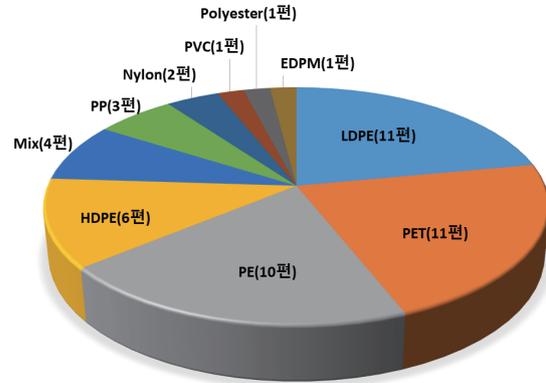


그림 2. 페플라스틱 종류별 연구현황

용도로 활용하기 위한 연구는 각각 12 % (6편), 4 % (2편)로 분석되었다.

페플라스틱의 아스팔트 적용에 관한 국내외 연구는 현재까지 주로 개질제 및 골재위주로 진행되었으며, 채움재 및 섬유보강을 위한 연구는 현재 진행중인 것으로 판단된다.

(2) 페플라스틱 종류별 연구현황

가열아스팔트의 성능개선에 적용된 페플라스틱의 종류에 따라 분석한 결과는 다음 그림 2와 같다. 현재까지 가열아스팔트의 성능개선을 위한 연구에는 페폴리에틸렌 테레프탈레이트(Polyethylene terephthalate, PET) 약 22 % (11건), 저밀도 페폴리에틸렌(Low density polyethylene, LDPE) 약 22 % (11건), 페폴리에틸렌(Polyethylene, PE) 약 20 % (10건), 고밀도 페폴리에틸렌(High density polyethylene, HDPE) 12 % (6건)이 적용되어 많은 비중을 차지하는 것으로 확인되었다.

상기 4가지 페플라스틱(PET, LDPE, PE, HDPE)이 관련된 연구에서 차지하는 비중은 약 76 %로 가열아스팔트의 물성개선을 위한 연구에 많이 활용되고 있으며, 특히 PE계열(PE, HDPE, LDPE)의 페플라스틱이 가장 많이 활용되고 있는 것으로 조사되었다. 이외에도 페폴리프로필렌(Polypropylene, PP), 페나일론(Nylon), 폴리염화비닐(Polyvinyl chloride,

PVC), 페폴리에스테르(Polyester), 합성고무(Ethylene Propylene Dien Monomer, EDPM) 등의 페플라스틱도 아스팔트의 물성개선을 위해 시도되어지고 있으며, 다양한 종류의 페플라스틱을 혼합한 페플라스틱(Mix)도 연구되고 있는 것으로 분석되었다.

(3) 용도 및 종류별 연구현황

페플라스틱의 활용용도 및 종류별 가열아스팔트 성능개선 관련연구현황을 분석한 결과는 다음 <그림 3>과 같다. 분석결과, 페LDPE는 대부분 아스팔트의 개질을 위한 용도로 적용되었으며, 페PET는 주로 개질제와 골재대체재의 용도로 연구에 적용된 것으로 조사되었다. 페PE도 주로 개질을 위한 연구와 골재를 위한 연구로 적용되었으며, 섬유보강을 위한 용도로도 활용된 것으로 확인되었다.

섬유보강을 위한 용도로는 주로 페Polyester, 페Nylon, 페PP 등의 페플라스틱이 적용되었으며, 개질제의 용도로는 주로 페PE계열, 페PET가 연구에 활용되었으며, 분말형태의 채움재로 적용된 페플라스틱은 페LDPE와 페혼합플라스틱(Mix)인 것으로 조사되었다.

페혼합플라스틱의 경우 기능발현의 다양성에 의해 개질제, 골재, 채움재 등 다양한 연구에 시도되고 있는 것으로 판단된다.

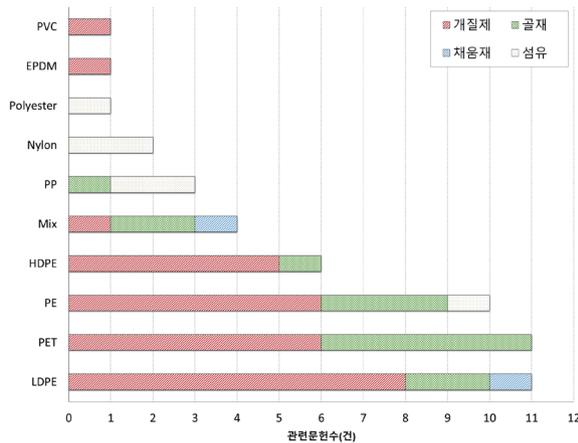


그림 3. 페플라스틱 종류별 연구현황

3.2 국내외 관련 연구내용

(1) 개질제 적용 연구

순수아스팔트의 성능을 개선하기 위해 일반적으로 개질제를 사용하며, 개질제는 주로 높은 주변온도에서 아스팔트의 영구변형을 방지하기 위해 적용되고 있다. 개질제는 아스팔트의 강성을 높이고 점탄성 반응을 늦추거나 아스팔트의 탄성요소를 증가시켜 점성요소를 감소시키는 역할을 하는 것으로 알려져 있다. 현재 적용되는 아스팔트 개질제는 고무, 플라스틱, 화학적 개질제 등 3가지로 구분된다.

고무류에는 SBS, SBR, SIS, SEBS, EPDM, 페타이어분말 등이 활용되며, 플라스틱류에는 열가소성 플라스틱(EVA, PE, PP, PVC, PS, 페비닐)과 열경화성플라스틱(PU, 에폭시, 아크릴, 페놀수지) 등이 있으며, 화학적 개질제류로는 리그닌, 황, 카본블랙, 석회 등이 활용되고 있다. 이와 관련된 연구내용 조사한 결과는 다음과 같다.

페비닐을 재생한 HDPE 펠렛을 분말형태로 분쇄하여 아스팔트의 약 0~10%까지 건식혼합하고, 이를 골재 및 AC 80-100, AC 60-80 아스팔트와 배합하여 시편을 제작함. 실험결과, 폐HDPE의 혼입률이 증가할수록 마찰안정도와 간접인장강도는 증가하였으며, 약 8% 이상의 혼입률부터는 마찰안정도 및 간접인장강도가 감소하기 시작하였다. 그러나 마찰안정

도 및 간접인장강도의 감소는 과다 혼입에 의해 배합이 균일하게 이루어지지 않은 것으로 추정되었다(김광우 외 3인, 2004).

PE레진에서 발생한 찌꺼기에 열을 가해 분자고리를 열분해하여 왁스계열로 환원시킨 PE Wax를 약 3~7%까지 혼합한 결과, PE Wax의 혼입률이 증가할수록 회전점도가 증가하고, 침입도가 감소하였다. 따라서 PE Wax가 고온에서의 바인더 점성을 증가시키며, 아스팔트 바인더의 소성변형에 대한 저항성을 증가시키는 것으로 확인되었다(김부일 외 3인, 2006).

폐LDPE를 용융하여 중량비 약 5~20%까지 AC 60-70와 혼합한 결과, 폐LDPE의 혼입률이 약 10%이상인 경우 고화체의 장기적 형태안정성을 유지할 수 있으며 침출저항성이 증가되는 것으로 확인되었다(김태국 외 2인, 2004).

약 1.18mm의 폐PET를 약 4~6% 혼입한 아스팔트의 기초물성 실험결과, 탄성계수 및 소성변형저항성은 증가되었으나 인장강도와 인장강도비는 감소하였다(Ahmadinia, E. 외 4인, 2012).

폐LDPE와 폐HDPE를 각각 10~15%, 8~10%를 첨가하고, 혼합물의 가열온도를 약 15℃ 상승시켜 시편을 제작하고 성능을 평가하였다. 실험결과, 폐LDPE 및 폐HDPE의 첨가량이 증가할수록 강성지수가 증가하는 특성을 나타내었다. 또한 폐LDPE 15%이상, 폐HDPE 10% 이상 첨가한 경우, 혼합이 어렵고 페비닐이 응집형태로 존재하는 특성을 나타내었다. 따라서 폐LDPE는 약 12%, 폐HDPE는 약 8% 첨가시 성능이 개선된 혼합물의 생산이 가능한 것으로 판단되었다(김광우 외 3인, 2002).

(2) 골재 적용 연구

약 0.06mm이하의 폐PE를 골재 및 채움재의 목적으로 5% 혼입한 결과, 소성변형의 저항성이 증가되었으며, 수분민감성도 감소하였다. 탄성계수 및 피로균열에 대한 저항성도 일부 증가하는 것으로 확인되었으므로 용도에 맞는 혼합물의 결정이 필요한 것으로 판단된다(Liliana M. B. Costa 외 4인, 2017).

약 1.18~3.36mm의 폐PET를 0~25%를 치환하여 제작한 시편의 특성분석결과, 폐PET의 적정치환율은 아스팔트 혼합물 중량의 5.5%로 판단되며, 해당 치환율 적용시 강성이

증대되는 것으로 확인되었다. 모든 변수에서 소성변형저항성이 증가되는 것으로 확인되었으며, 특히 치환율 약 15% 이하에서 저항성이 높은 것으로 확인되었다. 따라서 아스팔트 혼합물에 약 5.5%의 페PET 적용시 도로 포장을 위한 공학적 특성이 향상될 것으로 판단되었다(Wan Mohd Nazmi Wan Abdul Rahman 외 1인, 2016).

페타이어(#4 ~ #30) 조각을 혼합물 중량의 3%를 치환한 결과, 마찰안정도는 일반 아스팔트와 유사하나 흐름도는 다소 증가하였다. 수침치리를 하지 않은 페타이어 혼입시편의 간접인장강도는 일반 시편의 약 85%로 확인됨. 회복탄성계수 시험결과, 페타이어를 혼입한 시편의 회복탄성계수는 일반 시편의 약 67%로 측정되었으며, 40℃에서는 페타이어 혼입시편보다 우수한 특성을 나타내었다(김광우 외 2인, 1996).

약 19mm의 페PE를 0 ~ 10%로 혼합한 시편의 마찰안정도, 열전도율, 초음파시험, 휠 트래킹시험을 실시한 결과, 페PE 혼합율이 2.5%, 5%, 10%일 경우 혼합율 증가에 따라 마찰안정도와 흐름치가 증가하였다. 페PE 혼합율이 증가할수록 열전도율은 감소하였으며 초음파속도는 페PE 혼합율이 증가할수록 감소하였다. 휠트래킹시험결과 페PE 혼입률이 2.5%인 경우 동적 안정도가 77% 증가하였으므로, 페PE를 자갈궤도 하부의 아스팔트에 적용할 경우 열차 통과 시 안정성 증대와 겨울철 동상방지효과를 기대할 수 있을 것으로 판단되었다(김영진, 2016).

국내에서 농업용으로 주로 농업용으로 사용되는 LDPE를 19mm 단일크기의 골재로 제작하여 BB-3 기준용 입도에 대하여 아스팔트 콘크리트 시편의 물성을 평가하였다. 전체 혼합물 중량의 0%, 2.5%, 5%, 10%에 해당하는 분량의 19mm 크기의 골재를 페비닐골재로 치환하고, 바인더의 양을 4.5%, 5%, 5.5%로 달리하여 12종류의 시편을 제작하였으며, 아스팔트 바인더는 도로 포장용 바인더로 널리 사용되는 AP-5를 적용하여 특성을 평가한 결과, 페비닐골재의 혼합률이 증가할수록 아스팔트 콘크리트의 단열효과를 나타내는 열전도율 및 초음파 속도가 감소하였다. 모든 시편이 마찰 안정도 기준을 충분히 만족하였고 페비닐 혼합률이 높을수록 안정도가 급격히 증가하였다. 휠트래킹 시험결과, 페비닐골재 혼

합률이 증가할수록 동적안정도는 감소하고, 변형속도는 증가하였으나, 페비닐골재를 혼합한 시편 모두 기준을 만족하여 소성변형에 대한 저항성은 확보된 것으로 판단되었다. 시험시공 결과, 페비닐골재를 혼합한 아스팔트 콘크리트는 플랜트를 이용한 대량 혼합과정에서 페비닐골재의 변형 및 재료분리 등의 문제점이 발견되지 않았으며, 포설이나 다짐 중에도 재료분리 및 장비와 혼합물의 부착 등의 문제도 발생되지 않는 것으로 평가되었다(김병준 외 3인, 2013).

4. 페플라스틱 혼입 아스팔트콘크리트 기초시험

4.1 실험개요 및 목적

아스팔트콘크리트 배합시 적용되는 채움재는 아스팔트 및 골재의 공극을 채워 아스팔트의 사용량을 감소시키는 역할을 함과 동시에 아스팔트콘크리트의 안정성, 인성, 내마모성, 내노화성 등을 개선시키는 역할을 한다. 일반적으로 아스팔트콘크리트에 사용되는 채움재로는 석회석분, 생석회, 소석회, 플라이애쉬, 시멘트, 일반석분 등 포장의 용도 및 목표성능에 따라 다양한 종류가 있다.

본 실험에서는 페플라스틱의 재활용성 증대를 위한 기초연구의 일환으로 페플라스틱을 채움재로 적용한 가열아스팔트콘크리트의 마찰안정도 및 흐름도 특성을 상대비교하여 분석하고자 하였다.

4.2 실험변수 및 방법

(1) 실험변수

페플라스틱을 적용한 아스팔트의 기초물성평가를 위해 다음 [표 2]와 같이 사용AP, 골재, 배합비율 등 기타 조건은 모두 동일하도록 설정하고 채움재만 석분과 페플라스틱으로 구분하여 변수로 설정하였다. 따라서 표준시편에는 일반석분을 적용하고, 비교시편에는 물질가공형 재활용 페플라스틱을 적용하였다.

(2) 실험방법

① 아스팔트 혼합비율

시험체 제작을 위한 아스팔트의 배합비율은 다음 [표 3] 및 [표 4]와 같이 도로포장현장에서 일반적으로 사용하는 비율을 적용하였다.

② 적용골재

적용대상이 기층용 가열아스팔트이며, 적용입도는 BB-3 이이다. 이를 위한 시편제작의 적용기준 및 골재의 입도를 평가한 결과는 다음 [표 5] 및 [표 6]과 같다.

(3) 적용기준 및 시편제작

마찰안정도 및 흐름도 측정을 위한 아스팔트 시편은 다음 [표 7]과 같은 순서로 제작하였으며, 시편제작에 적용된 기준은 다음과 같다.

[표 2] 실험변수

변수명	AP	골재	채움재
석분 아스콘	스트레이트 아스팔트	BB-3	석분
페플라스틱 아스콘	스트레이트 아스팔트	BB-3	페플라스틱

[표 3] 혼합비율

AP(%)	골재(%)		채움재(%)
	굵은골재	잔골재	
4.1%	50.0	BB-3	페플라스틱

[표 4] 배합표

변수명	AP(%)	골재(%)		채움재(%)
		굵은골재	잔골재	
석분 아스콘	225.5	2,749.7	2,249.8	275.0(석분)
페플라스틱 아스콘	225.5	2,749.7	2,249.8	126.9(페플라스틱)

[표 5] 적용 굵은골재의 체가름분석결과

체번호	굵은 골재			
	각체에 남는 골재의 무게(g)	잔류백분율(%)	통과백분율(%)	누가백분율(%)
40mm	0	0	100	0
25mm	0	0	100	0
13mm	3619.5	72.66	27.33	72.66
5mm	1334.8	26.79	0.54	99.45
2.5mm	26.3	0.52	0.014	99.98
나머지	0.7	0.014	0	100

[표 6] 적용 잔골재의 체가름분석결과

체번호	잔골재			
	각체에 남는 골재의 무게(g)	잔류백분율(%)	통과백분율(%)	누가백분율(%)
9.52mm	0.00	0.00	100.00	0.00
4.75mm	1.50	0.38	99.62	0.38
2.38mm	22.60	5.78	93.84	6.16
1.18mm	44.10	11.27	82.57	17.43
0.6mm	183.20	46.83	35.74	64.26
0.297mm	98.10	25.08	10.66	89.34
0.15mm	38.50	9.84	0.82	99.18
나머지	3.20	0.82	0.00	100.00

[표 7] 시편제작과정

		
① 굵은골재 계량	② 잔골재 계량	③ 석분 계량
		
④ 페플라스틱 계량	⑤ 재료혼합	⑥ AP 계량
		
⑦ AP 투입	⑧ 배합	⑨ 시편제작용 무게측정
		
⑩ 재료 몰드투입	⑪ 시편다짐	⑫ 시편제작완료

- ① KS F 2337(마샬 시험기를 사용한 아스팔트 혼합물의 마샬 안정도 및 흐름값 시험방법)
- ② KS F 2357(아스팔트 혼합물용 골재)
- ③ KS F 3501(아스팔트 포장용 채움재)
- ④ SPS-KAI0002-F2349-5687(가열 아스팔트 혼합물)

4.3 실험결과

(1) 마샬안정도

제작된 시편의 마샬안정도 측정결과는 다음 [표 8], <그림 4> 및 <그림 5>와 같다.

석분을 채움재로 적용한 아스팔트콘크리트의 평균 마샬안정도는 약 9,052N로 측정되었으며, 페플라스틱을 채움재로 적용한 아스팔트콘크리트의 평균 마샬안정도는 약 9,015N로 측정되었다. 시편제작오차로 추정되는 페플라스틱 아스팔트

[표 8] 마찰안정도 측정결과

변수명	마찰안정도(N)				평균값(N)
	1	2	3	4	
석분 아스콘	9,345	7,448	13,165	6,250	9,052
페플라스틱 아스콘	4,385	8,085	11,915	11,675	9,015

[표 9] 흐름도 측정결과

변수명	흐름도(mm)				평균값(mm)
	1	2	3	4	
석분 아스콘	2.13	1.90	2.03	2.11	2.043
페플라스틱 아스콘	3.02	2.33	3.02	3.28	2.913

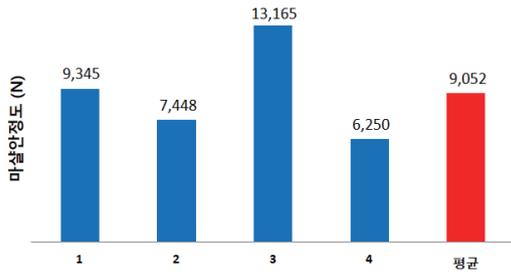


그림 4. 마찰안정도 측정결과(석분 아스콘)

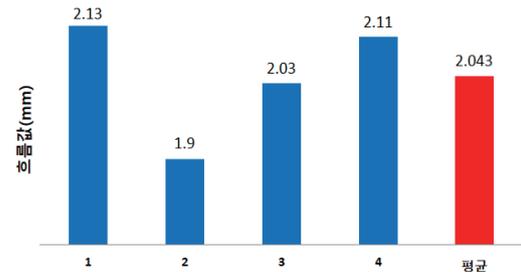


그림 6. 흐름도 측정결과(석분 아스콘)

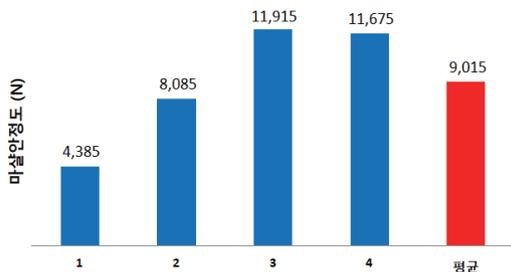


그림 5. 마찰안정도 측정결과(페플라스틱 아스콘)

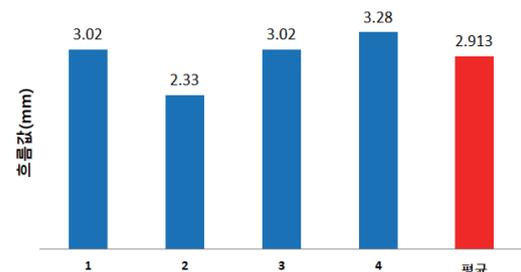


그림 7. 흐름도 측정결과(페플라스틱 아스콘)

콘크리트 시편 1번의 마찰안정도 측정값을 제외할 경우 평균 마찰안정도는 약 10,558N로 산출되었다. 페플라스틱을 채움재로 적용한 경우 석분을 채움재로 적용한 아스팔트콘크리트 대비 마찰안정도는 약 16.6%가 증가되는 것으로 확인되었다.

(2) 흐름도

마찰안정도 측정시 확인된 시편별 흐름도 측정결과는 다음 [표 8], <그림 6> 및 <그림 7>과 같다.

석분을 채움재로 적용한 아스팔트콘크리트의 평균 흐름도는 약 2.043 mm로 측정되었으며, 페플라스틱을 채움재로 적용한 아스팔트콘크리트의 평균 흐름도는 약 2.913 mm로 측정되었다. 시편제작오차로 추정되는 페플라스틱 아스팔트콘크리트 시편 1번의 흐름도 측정값을 제외할 경우 평균 흐름도는 약 2.877 mm로 산출되었다. 따라서 페플라스틱을 채움재로 적용한 경우 석분을 채움재로 적용한 아스팔트콘크리트 대비 흐름도는 약 40.8%가 증가되는 것으로 확인되었다.

4. 결론

폐플라스틱의 활용도를 높이기 위해 폐플라스틱의 종류, 특성 및 연구현황에 대해 조사하고, 폐플라스틱을 혼입한 아스팔트콘크리트의 기초물성을 평가한 결과는 다음과 같다.

건설분야에서는 최근 열가소성 합성수지에 폐유 등과 같은 용제를 사용하여 용해시킨 후 접착제를 첨가하고 충전재로서 모래, 점토 등을 섞어 가압 성형하여 골재를 생산하여 도로포장에 적용하고 있는 것으로 분석되었다. 또한 단일 또는 복합 합성수지 폐기물을 용융점 이상으로 가열하여 용융시킨 후 냉각 또는 압축하여 재생품(고체제품)을 도로포장의 충전재 및 개질제로의 적용이 시도되고 있는 것으로 확인되었다.

폐플라스틱을 가열아스팔트의 성능개선에 적용한 연구현황을 조사한 결과, 폐플라스틱의 아스팔트 적용에 관한 국내외 연구는 현재까지 주로 개질제 및 골재위주로 진행되었으며, 채움재 및 섬유보강을 위한 연구는 현재 진행중인 것으로 판단되었다.

폐플라스틱 적용목적 분석한 결과, 폐LDPE는 대부분 아스팔트의 개질을 위한 용도로 적용되었으며, 폐PET는 주로 개질제와 골재대체재의 용도로 연구에 적용된 것으로 분석되었다. 폐PE도 주로 개질을 위한 연구와 골재를 위한 연구로

적용되었으며, 섬유보강을 위한 용도로는 주로 폐Polyester, 폐Nylon, 폐PP 등의 폐플라스틱이 적용되었으며, 개질제의 용도로는 주로 폐PE계열, 폐PET가 연구에 활용되었다.

관련 연구문헌을 통해 폐플라스틱을 혼입한 아스팔트의 특성을 조사한 결과, 폐플라스틱의 종류에 따라 아스팔트의 성능변화가 매우 다양하며, 대부분의 연구에서 특성별 성능개선과 저하가 동시에 발생하는 것으로 조사되었다. 그러나 폐플라스틱의 종류 및 재생방법이 매우 다양하므로 폐플라스틱의 적용비율, 적용방법 등에 따라 아스팔트의 최적 성능유도가 가능할 것으로 판단된다.

폐플라스틱의 재활용성 증대를 위한 기초 연구의 일환으로 폐플라스틱을 약 5%의 채움재로 적용한 기층용 가열아스팔트 콘크리트의 마찰안정도 및 흐름도 특성을 상대비교하여 분석한 결과, 폐플라스틱을 채움재로 적용한 경우 마찰안정도는 석분 사용시보다 약 16.6%가 증가되는 것으로 확인되었으며, 흐름도는 약 40.8%가 증가되는 것으로 확인되었다. 폐플라스틱을 채움재로 적용할 경우 마찰안정도가 일부 증가하였으나 흐름도의 증가율이 매우 높으므로 추가적인 연구를 통해 아스팔트 최적성능개선을 위한 폐플라스틱의 종류, 적용율 등에 대한 검토가 필요할 것으로 판단되었다.

1. 한대석 (2008), 재생 플라스틱을 콘크리트 골재로 활용하는 방안
2. (사)한국포장재재활용사업공제조합 (2016), 플라스틱의 정의 및 분류
3. 박상우, 폐플라스틱 발생 및 재활용 기술 동향
4. (사)한국포장재재활용사업공제조합, 플라스틱의 재활용제품 원료 현황
5. 민달기, 최영진, 김예리, 양우진, 이다은, 장지영, 전소윤 (2011), 폐플라스틱 재활용중간가공물 품질기준 설정 연구
6. 김광우, 최영규, 정규동 (1996), CRM 아스팔트 콘크리트의 특성연구, 대한토목학회 학술7, 발표회 논문집
8. 김부일, 전성일, 이문섭, 조윤호 (2006), PE Wax를 첨가한 아스팔트 바인더의 물리적 특성, 한국도로학회논문집 Vol. 8, No. 4
9. 김태국, 손종식, 홍권표 (2004), PE첨가에 의한 폐수지 아스팔트고화체의 방사성물질 침출특성에 관한 연구, 대한환경공학회지, 26(1)
10. 박태순 (2004), 국내 개질 및 특수아스팔트 혼합물의 특성 및 성능 비교에 관한 연구, 대한토목학회논문집 D, 24(6D)
11. 최용, 최형진, 이승희 (2018), 국내 폐플라스틱의 관리 현황 및 개선사항, 자원리사이클링, Vol. 27, No. 4
12. 백인규 (2013), 니일론섬유를 이용한 아스팔트 혼합물의 피로특성에 관한 연구, 석사학위논문.
13. 강현승, 홍영근 (2009), 빛에 의한 아스팔트 개질에 관한 연구, *Elastomers and Composites*, Vol. 44, No. 1
14. 류영찬, 차순만, 박석주 (2000), 아스팔트 및 아스팔트 개질재, *도로포장공학회지* Vol. 2, No. 2
15. 김광우, 김주인, 이순재, 최선주 (2002), 아스팔트 콘크리트에 적정 페비닐 첨가량 결정에 16. 관한 실험적 연구, *한국농공학회지*, Vol. 44, No. 5
17. 박기수, 유평준 (2018), 유리섬유 보강재를 이용한 재활용 아스팔트 혼합물의 물리적 특성에 관한 연구, *한국도로학회 논문집*, Vol. 20 No. 4
18. 김영진 (2016), 자갈계도 보강용 PE골재 혼합 아스콘의 특성 시험, *한국철도학회 추계학술대회 논문집*
19. Ingyu Baek, Kisun Park, Nakseok Kim (2013), 페나일론을 이용한 섬유보강 아스팔트 콘크리트의 피로특성 및 경제성 분석, *한국재난정보학회*, Vol. 9, No. 4
20. 강민규, 한경아, 정경호 (2009), 페블소고무 분말과 SBS로 개질된 아스팔트의 점착 특성에 관한 연구, *Elastomers and Composites*, Vol. 44, No. 3
21. 김광우, 이상범, 이순재, 김성운 (2001), 페비닐 아스팔트 콘크리트의 현장 적용성 연구, *한국농공학회*, Vol. 1, No. 0
22. 김병준, 김영진, 박주영, 정진훈 (2013), 페비닐골재를 사용하는 아스팔트 콘크리트의 물리적 성질, *한국도로학회 논문집*, Vol. 15, No. 2
23. 이강훈, 김영진, 김병준, 임진선, 정진훈 (2012), 페비닐을 함유한 아스팔트 바인더 물성의 실내 시험, *한국도로학회 논문집*, Vol. 14, No. 5
24. 박원일 (2006), 페요구르트병을 이용한 아스팔트 실란트, 석사학위논문.
25. 김광우, 이상범, 정승호, 이순재, 이기호 (2002), 페폴리에틸렌 필름 재활용 아스팔트 콘크리트의 특성 분석, *한국도로포장공학회논문집*, Vol. 4, No. 1
26. 황현욱 (2013), 폐플라스틱 고품연료 및 보조재 혼합 열분해의 열중량 및 동역학 특성 연구, 박사학위논문.
27. 김상범, 최병재 (2007), 폐플라스틱의 재활용 기술 동향, *공업화학 전망*, Vol. 10, No. 3
28. 한상목, 조명석, 송영철 (2003), 폐플라스틱 제품의 골재를 이용한 경량 콘크리트에 관한 연구, *한국콘크리트학회 학술발표회 논문집*, Vol. 15, No. 1
29. 김성수 (2010), 폐플라스틱의 효율적인 재생처리를 위한 정책방안에 관한 연구, 석사학위논문.
30. 김혜태, 송병선, 박찬호, 박영훈 (1994), 혼합 폐플라스틱 발생실태 및 재활용기술 현황에 관한 조사연구, *한국자원재생공사*.
31. 김영진 (2014), PE골재를 추가한 아스팔트 혼합물의 특성 시험, *J. of Korea Society of Waste Management*, Vol. 31, No. 7
32. Liliana M. B. Costa, Joana Peralta, Joel R. M. Oliveira and Hugo M. R. D. Silva (2017), A New Life for Cross-Linked Plastic Waste as Aggregates and Binder Modifier for Asphalt Mixtures, *MDPI*.
33. Wan Mohd Nazmi Wan Abdul Rahman¹ and Mohammad Affendy Omarkin (2016), Characterisation of Recycled Polyethylene Terephthalate as Partial Fine Aggregate Replacement Properties and Behaviour of Asphalt Mixtures for Road Pavements, *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, 11(6)
34. Adebayo Olatunbosun Sojobi, Stephen Emeka Nwobodo & Oluwasegun James Aladegboye (2016), Recycling of polyethylene terephthalate (PET) plastic bottle wastes in bituminous asphaltic concrete, *Cogent engineering*, Vol. 3.
35. Barbara Liguori, Fabio Iucolano, Ilaria Capasso, Marino Lavorgna, Letizia Verdolotti (2014), The effect of recycled plastic aggregate on chemico-physical and functional properties of composite mortars, *ELSEVOER, Materials and Design* 57
36. A. F. Ahmad, A. R. Razali and I. S. M. Razelan (2006), Utilization of polyethylene terephthalate (PET) in asphalt pavement: A review, *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Vol 203

담당 편집위원 : 김용재(강원대학교)